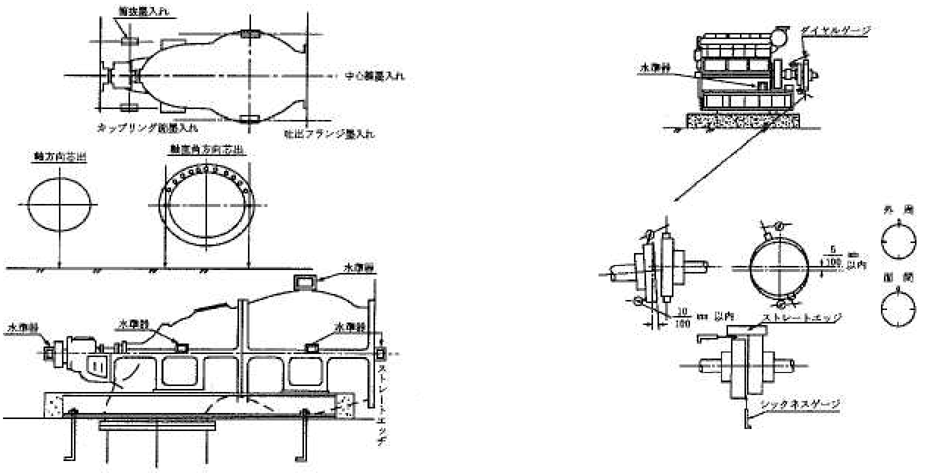


図 5.2.23　横軸ポンプの測定箇所説明図

（4）余寿命予測

機器の余寿命を芯振れ値のみで予測することは適さない。

芯振れの変位は、振動値の増加と密接に関係するので、振動値、芯振れ値の傾向管理を行うことで余寿命を予測する。

（5）補修・整備方法

ポンプ設備のような回転機械では、芯振れ調整は最も重要な項目であるので、芯振れの調査は、1年ごとに計測し、許容値であることを確認しておく必要がある。

特に、概略調査において、この芯振れのため許容値（目安）を超えることがあるので、ポンプメーカーに確認することが必要である。

診断種別	概略診断調査、詳細診断調査 [16]
調査項目	軸受温度測定
調査方法	計測
対象部位	主ポンプ、主電動機、減速機

【解説】

主ポンプ、主電動機等の軸芯狂いや潤滑油不足が発生すると軸受温度が異常上昇し、軸受の焼付や破損を引き起こし、運転不能に陥る場合がある。そのため軸受温度の管理は非常に重要であり、定期的に温度測定し、軸受状況を的確に把握しておかなければならない。

（１）測定方法

計器による温度測定は、概略 3 つの方法がある。

軸受温度は、10 分程度の運転で判定するには短すぎるため、運転 30 分後に点検するものとする。

１）軸受部に温度計が付属している場合は、温度計の値を読み取る。

２）軸受部に温度計が付属していない場合は、棒状温度計をパテなどで軸受感温部に取付けて測定する。

３）測定物に直接触れないで固体から放射する赤外線を利用し、表面温度を測定できるレーザー付き非接触温度計で測定する。（図 5.2.24）

なお、レーザー付き非接触温度計は正確に目標物に向けられますが、目には絶対当てないで下さい。（失明の危険がありますので、反射先にも充分注意下さい。）

図 5.2.24　レーザー付き非接触温度計（例）

（２）測定箇所

主ポンプ、主電動機、減速機の軸受部を測定する。

（３）判定基準

表 5.2.73　健全度の判定の例（ポンプの軸受・歯車減速機）

健全度ランク	状　態	評　価　基　準
Ｓ－４	軽微な変状が見られるが、支障はない状態	40℃以下
Ｓ－３	放置しておくと機能に支障が出る状態	（50℃程度で要注意）
Ｓ－２	機能に支障がある状態	75℃以上

表 5.2.74　健全度の判定の例（電動機の軸受）

健全度ランク	状　態	評　価　基　準
Ｓ－４	軽微な変状が見られるが、支障はない状態	55℃以下
Ｓ－３	放置しておくと機能に支障が出る状態	（60℃程度で要注意）
Ｓ－２	機能に支障がある状態	80℃以上 （JEC-2137-2000）

〔参考〕

１）主ポンプ

主ポンプの軸受温度基準値として、**表 5.2.75** により管理する。

表 5.2.75　軸受許容最高温度及び許容温度上昇値　（℃）

測定箇所 / 方　式	許容温度上昇値		許容最高温度		
	軸受表面	メタル温度計（感温部挿入測定）	軸受表面	メタル温度計（感温部挿入測定）	排油温度
自然冷却式（普通潤滑油）	40	45	75	80	－
自然冷却式（耐熱性潤滑油）	55	60	90	95	－
水　冷　式	－	当事者間の協定による	－	80	－
強制潤滑式（普通潤滑油）	－	－	75	80	80

許容温度上昇は、周囲温度 40℃以下の場合。ただし、許容最高温度を上回ってはならない。

温度が異常に上昇する兆候が認められた場合は、異常現象が相当進んでいることが多く、直ちに処置をとる必要がある。

軸受の温度上昇許容値は、JIS B 8301-2000 附属書 2（参考）によるが、一般の軸受は、50℃は要注意、70℃では異常と判断するとよい。

人間の手は、立派な温度センサーで、慣れると案外正確にわかるようになる。平素から、軸受箱や軸封装置に触れておくと、「いつもより温度が高いようだ」程度の判断がつくようになる。

参考として温度と触感の関係を**表 5.2.76** に示す。

表 5.2.76　表面温度と触感の関係

表面温度	感　　じ	摘　　要
40 ℃	ややあたたかい	ぬくみを感ずる程度
45	あたたかい	手を触れているとポカポカあたたかみを感じる
50	やや熱い	じっと触れていると手の平が赤くなる
60	熱い	3～4 秒手を触れていられる
70	非常に熱い	指一本で 3 秒程度触れていられる
80	非常に熱い	指一本で 1 秒程度触れていられる

(ポンプニューハンドブック：日本工業出版より)

2）主電動機

電動機の軸受温度は、前述のポンプ軸受温度　**表 5.2.75** と同一とする。

参考 a ：軸受の温度限度は JEC-2137-2000 の解説 1 では、判定指針として次のように示されている。

①表面で測定するとき 80℃、軸受メタルに温度計素子を埋め込んで測定するとき 85℃

②転がり軸受に、耐熱性の良好なグリースを使用する場合は、表面で測定するとき 95℃

参考 b ：JEM-TR160-1987 では軸受(自冷式)の温度上昇限度は次のように示されている。

表面で測定するとき 55℃。ただし、特殊耐熱潤滑剤によるときは、当事者間の協議による。(温度上昇限度とは許容最高温度から冷媒温度(基準周囲温度 40℃)を差し引いた値を示す。)

3）歯車減速機

歯車減速機の軸受温度は、「周囲温度プラス 40℃以下」にて管理を行う。

「揚排水機場設備点検・整備実務要領〔解説編〕P1-3-89(国交省 H14)参考」

なお、測定値は許容温度上昇限度以下であることが必要である。測定値は、許容温度上昇限度以下であっても、以前の値に比べて大きくなる場合は、測定時の運転条件を勘案して判定する必要がある。

（4）余寿命予測

軸受の余寿命は、運転時間が目安となるが、併せて、軸受温度、振動値の傾向管理を行うことで余寿命を予測する。

（5）補修・整備方法

温度上昇が異常な場合(過熱)は、**表 5.2.77** のような原因、処置が考えられる。

表 5.2.77　軸受過熱と処置（例）

	原因	応急処置	恒久処置
軸受過熱	軸芯の狂い	－	芯の出し直し
	グリースの詰め過ぎ	適正量に直す	－
	給油不足	給油する	給油する
	潤滑油劣化	全部新しい油と交換	－
	軸受損傷	－	軸受交換

診断種別	概略診断調査、詳細診断調査 [17]
調査項目	塗膜の測定
調査方法	目視、計測
対象部位	主ポンプ、主電動機、弁類、配管類

【解説】

塗装の主な目的は、腐食環境から機器を保護して耐久力をつけることにある。従って、それぞれの機器の塗装による防錆効果が低下すると、内外面にさび等が発生する。

概略診断では、塗膜の目視調査(外面のみ)を行う。

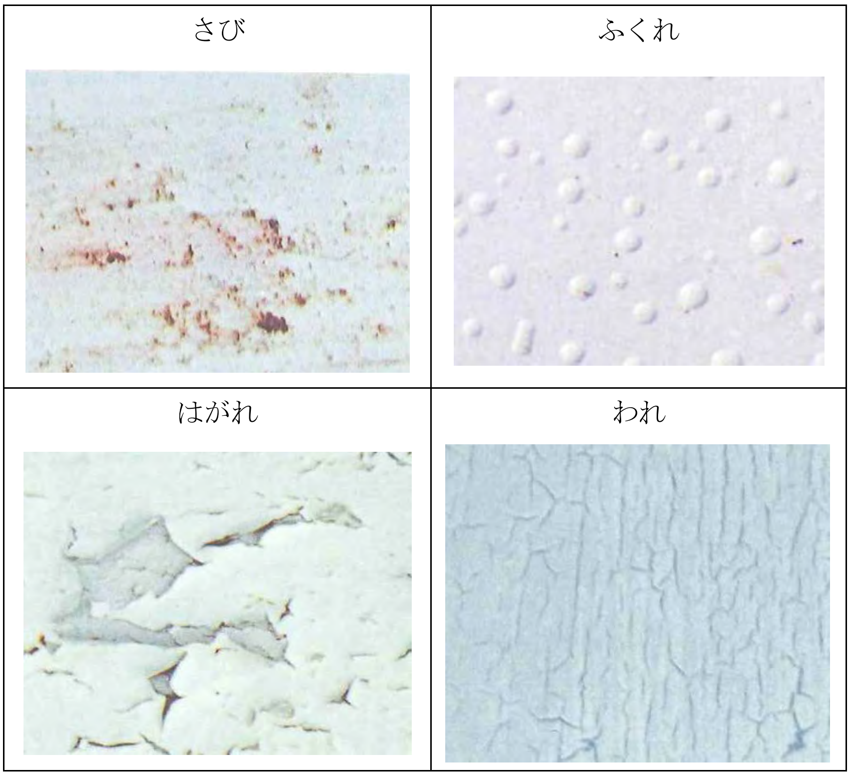


図 5.2.25　塗膜の剥離（例）

（1）調査方法

1）塗膜の目視調査

塗膜の目視調査は、剥離(さび・ふくれ・われ・はがれ)の程度を目視により行う。

①さび

さびは、鋼材の表面に金属の水酸化物及び酸化物を主体とした腐食生成物ができる現象をいう。

さびには、金属表面に発生した錆が塗膜の表面に現れた「われさび」「点さび」、塗膜の表面に現れないでふくれのように見える「ふくれさび」などがある。

ふくれが発生している場合は、ふくれ部分の塗膜を剥がして錆が発生している場合は、「さび」、錆がない場合は「ふくれ」と評価する。

なお、さびはその進行によっては設備の機能に影響を及ぼすので充分注意して観察するものとし、錆汁で汚れているだけの塗膜をさびの発生と間違った評価などをしないよう状

態をよく確かめる。

②ふくれ

ふくれは、塗膜がガス又は液体を含んで盛り上がる現象をいい、発生原因によって、鋼材の腐食によってできるふくれ、水分が塗膜を浸透し、塗膜下の水溶性物質を溶かして膨張によってできるふくれ、日光によって揮発成分が加熱膨張してできるふくれなどの形態がある。

被塗面と塗膜の間に水分が浸透して発生するふくれは、塗膜に素地まで達する貫通ピンホールが原因とする場合と湿潤面（結露状態）に塗装した場合に発生するケースがあり、発生した錆が体積膨張し、塗膜を押し上げ突き破る状態になるので早期に補修が必要である。

③われ

われは、塗膜に裂け目ができる現象をいい、塗装後の経年により塗膜の柔軟性が失われ、塗面の収縮、膨張によりひび、われを発生させる。

われは、塗膜の発生深さによって浅われと深われ、形状によって綿状われ、鳥足状われ、Ｓ字状われ、不規則われなどの形態がある。

塗膜のわれは、表層のみの現象であれば重大な欠陥ではないが、被塗面からのわれであれば発錆の原因となる。

④はがれ

はがれは、塗膜が付着力を失って被塗面から剥離する現象で、素地調整が不十分で塗膜の下に錆を生じ剥離する場合は被塗面の処理が不備で油汚れがついているのに塗装した場合、上塗りと下塗りの性質が適切でない場合、古い塗膜が十分に密着していない上に塗装した場合などに発生しやすい。

塗膜のはがれは、外観や美観上の問題にとどまらず、錆の発生と同じように塗膜の耐久性の低下につながる重大な欠陥である。

なお、はがれ部分に錆が発生している場合は、はがれとさびの両面で評価する。

図 5.2.26　電磁渦電流膜厚計（例）

図 5.2.27　塗膜の測定（例）

（２）調査箇所

目視調査箇所は、主ポンプ、動力伝達装置、原動機、弁、配管等において、それぞれ機器を構成する部位毎に行うが、接水部や露出部、屋内、屋外、等　設置環境条件が異なるため、重要な部位や腐食が進行しやすい部位などを考慮し、効率的に調査を進める必要がある。

（３）判定基準

１）塗膜の目視調査

塗膜については、剥離（さび、ふくれ、われ、はがれ）の中から、劣化状態の最も高い健全度ランクを選び、その健全度ランクより、塗膜の劣化の程度を判断する。この判定の目安は、表 5.2.78 に示すとおりである。

表 5.2.78　健全度と劣化判定

健全度ランク	塗膜の劣化判定
Ｓ－４	塗膜の防食性は維持されている
Ｓ－３	何らかの処置を施さなければならない状態
Ｓ－２	早急に塗膜を塗り直さなければならない状態

ポンプ設備の場合、多くは屋内に設置されているため、塗膜の劣化による影響は少ない。また、分解整備時には内外面の塗装を行うのが一般的である。

表 5.2.79　塗膜劣化事例(外面)

劣化箇所	発錆状況
ポンプ室全景	
ポンプ 電動機側軸受、軸封部下部 基礎ベースに腐食、発錆状況	
ポンプ 電動機側軸受、軸封部 腐食状況 白色結晶析出物(塩分系)あり	
ポンプ 反電動機側軸受、軸封部腐食、発錆状況	
ポンプ 吐出主弁(逆止弁兼用ﾛｰﾄ弁) (電動駆動及び油圧駆動) 上ケース上面に発錆あり	

表 5.2.80　塗膜劣化事例（分解整備時の内面）

劣化箇所	発錆状況
ポンプ内部点検状況 ケーシング及びインペラ(吸込側)	
ポンプ内部点検状況 ケーシング及びインペラ(吸込側) (カップリング側)	
ポンプ内部点検状況 ケーシング	
常時ポンプ 点検孔蓋取外しポンプ内部点検状況 インペラ点検(吸込側)	
洪水ポンプ インペラ点検(吐出し側) 塗装無く部分的に 1mm 程度表面が剥離	

表 5.2.81　塗膜劣化事例（分解整備時の内面）

劣化箇所	発錆状況
ポンプ水中部の状況 (吸水槽) 外面は塗装剥離し、ヘドロが付着している。	
ポンプ内部状況 吸込ケーシング及び主軸、腐食状況	
排水ポンプ ケーシングは塗装剥離し、腐食している。	

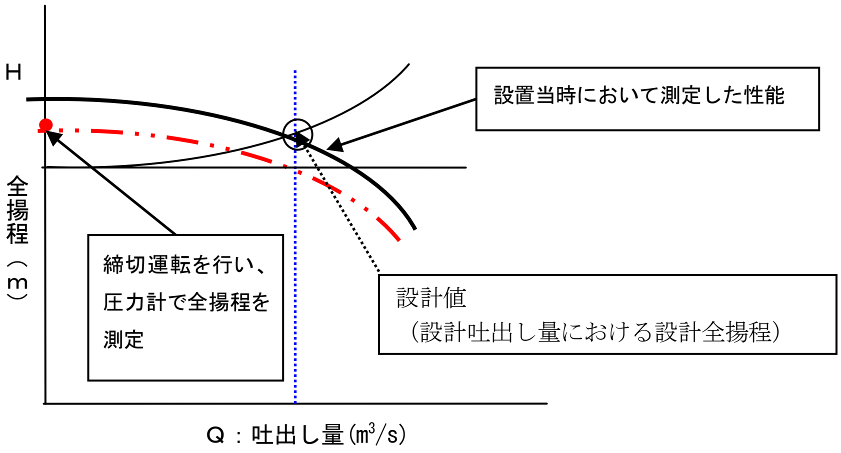
診断種別	詳細診断調査 [18]
調査項目	主ポンプ締切圧力測定（セラミックス軸受採用のポンプを除く）
調査方法	計測
対象部位	主ポンプ内部

【解説】

ポンプ設備全体の性能低下はポンプ効率の低下で決まると言っても過言ではない。インペラリング（インペラ部）やライナリング（ケーシング部）の摩耗度合いが計測できない場合などは、締切圧力を計測することにより、概ねの性能低下度合いを把握することができる。以下にその原理を解説する。

事前に計測機器（圧力計、連成計、真空計、流量計、水位計）が正常であることの確認が行われることが重要である。

また、ゲージ配管内部に泥などが固着して閉塞していないかの確認を行う。診断前の事前踏査にて、個々のポンプのゲージ及び配管の状態確認を行い、正常な状態に復旧した後に機能診断を実施する。



【参考】圧力計と流量計により現地で性能を評価する場合

ポンプ設備の性能低下の把握を現場で行う場合は、以下の手順でポンプ性能を計測する。

確認方法（図 5.2.28 参照）

（1）ポンプのQ−H曲線（吐出し量；Q、全揚程；H）を作成するため、設計点Q_Dを含めて５点（JIS 規定）を計測する。

（2）吐出し弁の開閉により流量を調整し、流量計の目盛りを読み取る。

①点　締切点（Q=0m^3/min）の全揚程の測定

②点　設計点吐出し量Q_Dの 1/3 近傍の全揚程の測定

③点　設計点吐出し量Q_Dの 2/3 近傍の全揚程の測定

④点　設計点吐出し量Q_D近傍の全揚程の測定

⑤点　吐出し量が設計点Q_Dと弁開度が全開近傍時の$Q_{全開}$の中間点の全揚程の測定
（軸動力が過負荷にならないことを確認しながら測定する。）

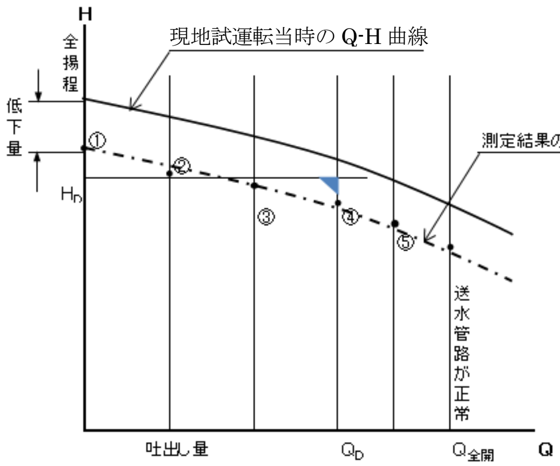


図 5.2.28　ポンプ性能の計測

ポンプの性能低下に関しては、用水ポンプ設備における全揚程及び吐出し量の低下の原因が、パイプラインの性能低下によるものか、ポンプ設備の性能低下によるものか、原因を特定する必要がある。しかしながら、パイプラインの性能低下を具体的に計測することは、極めて難しいが、以下の方法にてパイプラインの性能低下の概要を把握するものとする。

確認方法(図 5.2.29 参照)

（1）パイプラインから完全に空気が排出されていることを確認する必要がある。

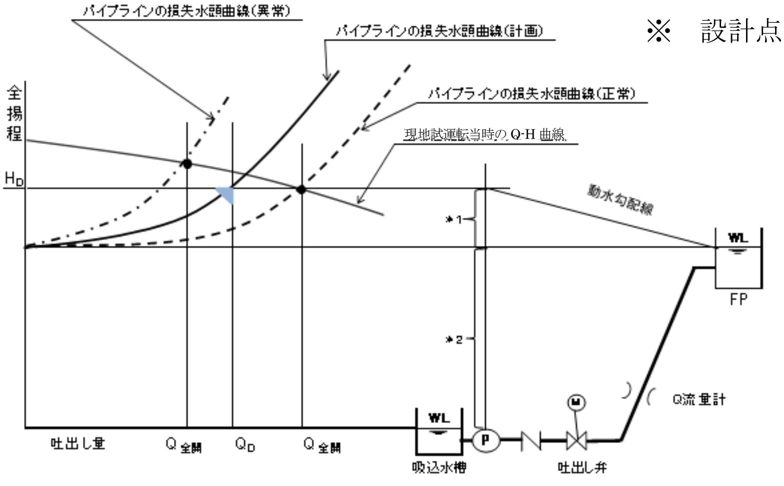
（2）ポンプ設備の計器類（真空計、連成計、圧力計、水位計、流量計等）が正常であることを施設管理者とともに確認する。

（3）約 60 分間の揚水運転ができることを確認する。

（4）ポンプの吐出し弁を全開（100%）まで開いたときの吐出し量（$Q_{全開}$）が、ポンプの設計点吐出し量（Q_D）以上（$Q_D \leqq Q_{全開}$）である場合は、パイプラインの損失水頭は計画数値以下であると判断する。

なお、吐出し弁を全開まで開いた時には、キャビテーション発生や過負荷にならないように注意する。

（5）逆に小さい場合（$Q_D \geqq Q_{全開}$）には、パイプラインの損失水頭が計画数値より大きいので設計点吐出し量の確保ができないため、パイプラインに異常があると判断する。



※　設計点：設計点吐出し量（Q_D）
設計点全揚程（H_D）

図 5.2.29　パイプラインの性能低下に伴うポンプ運転点の変位

診断種別	詳細診断調査 [19]
調査項目	バックラッシ・歯当たり
調査方法	目視、計測
対象部位	歯車減速機

【解説】

歯車減速機は、主原動機の動力を主ポンプへ伝達する動力伝達装置のひとつである。歯車が疲労や経年変形で劣化すると、振動発生や動力伝達効率が低下する。

歯車の摩耗、損傷程度を把握するために、歯車のバックラッシ・歯当たりを測定する。

バックラッシとは、互いに噛み合う一対の歯車のピッチ円周上の遊びであり、その大きさは「平歯車」と「はすば歯車」の精度等級により異なる。

（１）測定方法

歯車のバックラッシ等の計測は、歯車減速機の上ケースを開放した状態又は点検窓より行う。

歯当たり状態は、互いに噛み合う歯車の歯面の接触跡を測定するもので、一方の歯車の噛合い面洗浄後に光明丹(鉛丹をマシン油等で練ったもの)等これに類する塗料をむらなく一様に塗って、他方の歯車を１回転させて、他方の歯に転写された光明丹から噛合い位置及び噛合い巾を測定する「赤当たり法」と、両方の歯車に塗料を塗り、短時間に回転させて塗料が除かれる部分を測定又は連続運転中に噛み合う接触跡を測定する「黒当たり法」のいずれかの方法により測定する。

バックラッシの測定方法は、下記方法がある。

1）噛合い部に鉛線(棒)を噛み込ませて回転させ、マイクロメータを用いて鉛線の変形後の厚さを測定することにより求める方法。

2）歯当たり状態で、すきまゲージを使用し測定する方法

3）歯当たり状態で、ダイヤルゲージを使用し測定する方法

バックラッシの測定方法は、噛合い部に鉛線(棒)を噛み込ませて回転させ、マイクロメータを用いて鉛線の変形後の厚さを測定することにより求める。

（２）測定箇所

1）バックラッシ

歯数４枚程度に対して行う。バックラッシは摩耗の「傾向管理」が重要であることから、歯車側面へのマーキング等により、同一箇所を定期的に点検測定する。

図 5.2.30 に、ダイヤルゲージを使用したバックラッシの測定状況（例）を示す。

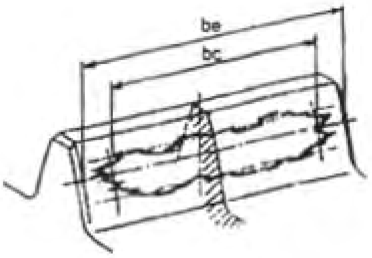
図 5.2.30　バックラッシの測定状況（例）

２）歯当たり

噛み合う歯車の歯面接触跡を測定するもので、片方の歯車を一回転させ、目視により最も悪い歯面について計測する。

図 5.2.31 に、歯当たりの測定状況（例）を示す。

歯当たり率＝bc／be×１００



平歯車

歯当たり率の計算

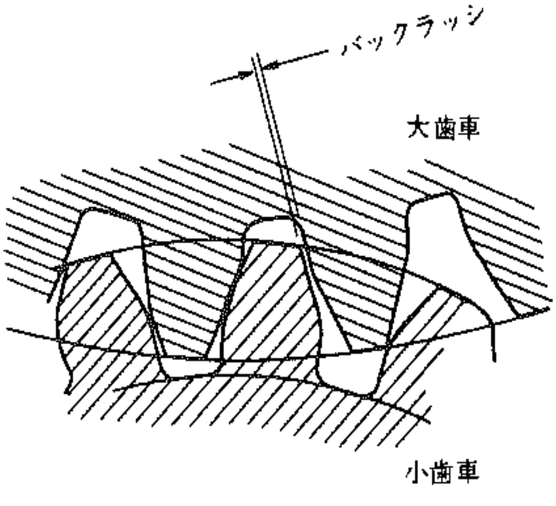
図 5.2.31　歯当たりの測定状況（例）

（３）判定基準

１）バックラッシ、歯当たり基準値、許容値

表 5.2.82　バックラッシの基準値

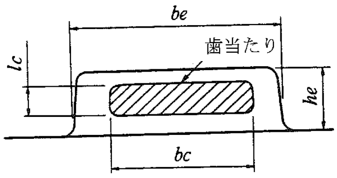
基　準　値	
バックラッシ	かみあう１対の歯のあきと厚さとのすきま（歯車の歯面と歯面との間の遊び、図 5.2.32 参照）が判定基準値に納まることを確認する。判定基準は JIS B 1702、JIS B 1705 の３級とする。バックラッシは、モジュールの 4/100 程度で管理する。
歯当たり	判定基準は、JIS B 1741 で規定された区分Ａ、区分Ｂは、表 5.2.83 のとおり。



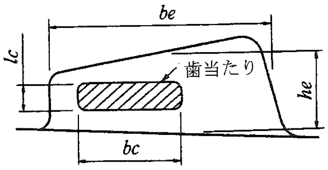
注）モジュール：基準ピッチを円周率πで除した値をいい、ミリメートルの単位で表したもの又は基準円直径を歯数で除した値をミリメートルの単位で表したもので、モジュール値の大きいものほど歯の大きさは大きくなる。

図 5.2.32　バックラッシのすきま寸法

表 5.2.83　歯当たりの基準値



（円筒歯車）



（傘歯車）

区分	歯すじ方向の 当たり	歯丈方向の 当たり
A	$\frac{bc}{be}$ の割合が 70%以上	$\frac{lc}{he}$ の割合が 40%以上
B	〃 50%以上	〃 30%以上

区分	歯すじ方向の 当たり	歯丈方向の 当たり
A	$\frac{bc}{be}$ の割合が 50%以上	$\frac{lc}{he}$ の割合が 40%以上
B	〃 35%以上	〃 30%以上

２）判定基準

表 5.2.84　健全度と劣化判定

健全度ランク	評　価　基　準
S－4	基準値未満
S－3	基準値以上で、歯面には損傷はない
S－2	著しく基準値を超え、歯面に損傷あり

（4）余寿命予測

歯車の歯面表面は、特殊熱処理により硬化してあるので、これまでの分解点検整備の実績等から、歯面の摩耗はほとんど無い状態である。更に、歯車は組立調整によりバックラッシ量をある程度調整することが可能であるため、摩耗量として測定することは困難である。

このため、歯車の余寿命については、運転時間により判断するのが一般的である。設計寿命（目安として 20,000 時間）を目安として、次式により余寿命を算定するが、年間運転時間が短いこと等から、定期的な分解整備の点検結果の歯当たり状況等も考慮して余寿命を予測する必要がある。

$$\text{余寿命} = \frac{（\text{設計寿命時間} - \text{調査時の運転時間}）}{\text{調査時の運転時間／設置経過年数}} \quad （\text{年}）$$

（5）補修・整備方法

本体の補修・整備は製作工場持込とする。バックラッシをある程度組立調整することは可能であるが、歯面の摩耗が著しく許容値を超過している場合は、減速機本体の更新を検討する。その際は、空冷式を採用し、機場の無水化も併せて検討する。

診断種別	詳細診断調査　[20]
調査項目	電動機推定残存破壊電圧の測定
調査方法	計算、計測
対象部位	主電動機

【解説】

高圧電動機で最も重要な部位であるコイルの健全性を知る方法に「非破壊絶縁診断」がある。高圧電動機のコイルの劣化は電気的、熱的劣化、ヒートサイクル、振動等による機械的劣化、さらには汚損、有毒ガス等による環境劣化があり、実際はそれらの複合によりコイルの劣化は進行する。コイルの劣化が進行すると異常温度上昇を起こし、これを放置しておくと巻線や軸受などが焼損して運転不能になり、場合によっては漏電、火災などを起こす原因になる。

（１）測定方法

それらの劣化の程度を調べる方法は、**表 5.2.85** に示す「３つの非破壊絶縁診断」がある。

１）交流電流試験

２）誘電正接試験（tanδ試験）

３）部分放電試験（コロナ試験）

近年、上記項目の試験は電動機メーカーの絶縁診断車により、現地で測定からデータの整理まで自動で行われている。

（２）測定箇所

固定子部（コイル）

（３）判定基準

電動機メーカーの判定基準によるものとし、Ｓ－４、Ｓ－３、Ｓ－２に分ける。

（４）余寿命予測

電動機が安全に運転継続できるか否かは、固定子コイルの残存破壊電圧によって決まる。

許容残存破壊電圧を「初期破壊電圧の 50%」として余寿命を予測する例を以下に示す。

高圧電動機の固定子コイルの余寿命

高圧電動機の固定子コイルの余寿命は、下記のケースａ又はケースｂで算定したものの中から小さい値を採用する。

・ケースａ：高圧電動機の許容残存破壊電圧を従来実績をベースから予測

余寿命＝許容残存破壊電圧（初期値の 50%）及び破壊確率 10%における寿命
年数－経過年数（年）

・ケースｂ：高圧固定子コイルの電気的非破壊特性（Qmax 及びΔtanδ+ΔI）及び許容残存破壊電圧から予測

推定残存破壊電圧＝電気的非破壊特性（Qmax 及びΔtanδ+ΔI）
破壊電圧及び残存破壊電圧の相関図から得られる残存

$$余寿命＝\frac{\text{推定残存破壊電圧－許容残存破壊電圧（初期値の 50\%）}}{\text{（初期破壊電圧―推定残存破壊電圧）／設置経過年数}}\text{（年）}$$

初期破壊電圧	：新製の電動機が絶縁破壊を起こす電圧
許容残存破壊電圧	：初期破壊電圧の 50％
確率 10%における寿命係数	：破壊試験データからワイブル確率により 10％の破壊確率を示す年数。これを寿命年数と称する。
電気的非破壊特性	：余寿命診断で実測する特性 下記の３つの特性を示す ① Qmax；部分放電試験（コロナ試験）により測定する最大放電電荷(C) ② Δtanδ；誘導正接試験により測定する tanδの増加率(%) ③ ΔI；交流電流試験により測定する電流増加率(%)
残存破壊電圧	：高圧電動機の現状での絶縁破壊電圧

（５）補修・整備方法

電動機補修・整備工場に持ち込んで、スチーム洗浄、除湿乾燥、ワニス処理などの一連の工程を施して補修・整備を行い延命化を図るとともに総合的な劣化診断結果をもとに次回の診断時期等が提示される。

① 回転子スチーム洗浄中

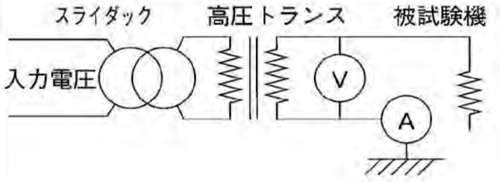
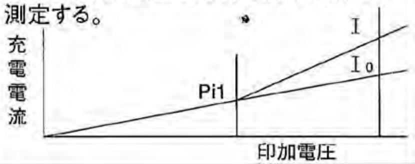
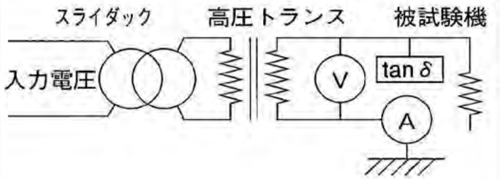
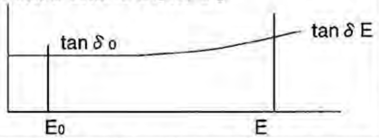
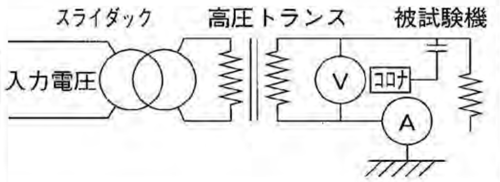
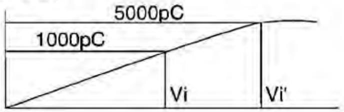
② 回転子除湿乾燥中

③ 回転子ワニス処理

図 5.2.33

表 5.2.85　高圧電動機の絶縁特性試験内容

絶縁特性試験内容

No	試験項目	目的	測定回路	試験内容	測定項目及び定義
1	交流電流試験	絶縁層内部の劣化判定		3相一括で0～最高試験電圧の交流電圧を印加し、印加電圧と交流電流の関係を測定する。	第一次電流急増点（Pi1） 第二次電流急増点（Pi2） 電流変化率（ΔI） 電流変化率（ΔI）＝ $\frac{I - I_0}{I_0}$
2	tanδ 試験	絶縁層の吸湿度合 絶縁層内部の劣化判定		3相一括で0～最高試験電圧の交流電圧を印加し、tanδメータにより、$\tan\delta_0$及び$\Delta\tan\delta$を求める。	$\tan\delta_0$＝E_0の$\tan\delta$ $\Delta\tan\delta$＝$\tan\delta$（最高試験電圧）－$\tan\delta_0$ 3kV級……E_0=1000V 6kV級……E_0=2000V
3	部分放電試験（コロナ）	絶縁層内部の劣化判定		3相一括で0～最高試験電圧の交流電圧を印加し、印加電圧とコロナの関係を測定する。	Vi ＝放電電荷量1000pCの発生電圧 Vi'＝放電電荷量5000pCの発生電圧 Qmax＝1ヶ／サイクル発生する部分放電電荷量 規定電圧:E／√3（6kV級） :E（3kV級）但しHIPACTはE／√3

診断種別	詳細診断調査　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　［21］
調査項目	摩耗
調査方法	目視、計測
対象部位	主ポンプ（インペラ・インペラリング・ライナリング）

【解説】

インペラ（羽根車）やライナリング等の摩耗は水質等の使用環境に大きく影響するため、土砂を多く含んだ水質条件等の現場では、定期的な診断を行うことが望ましい。

インペラの摩耗が進行した場合、ケーシングとの隙間が大きくなり、ポンプ効率の低下（吐出量や揚程の低下）を招き、電気代等のランニングコストにも影響が出る。このため、定期診断により、インペラリング（インペラの摩耗を保護）やライナリング（ケーシングの摩耗を保護）などの摩耗の進行度合を把握し、取り替えなどの対策時期を検討する。

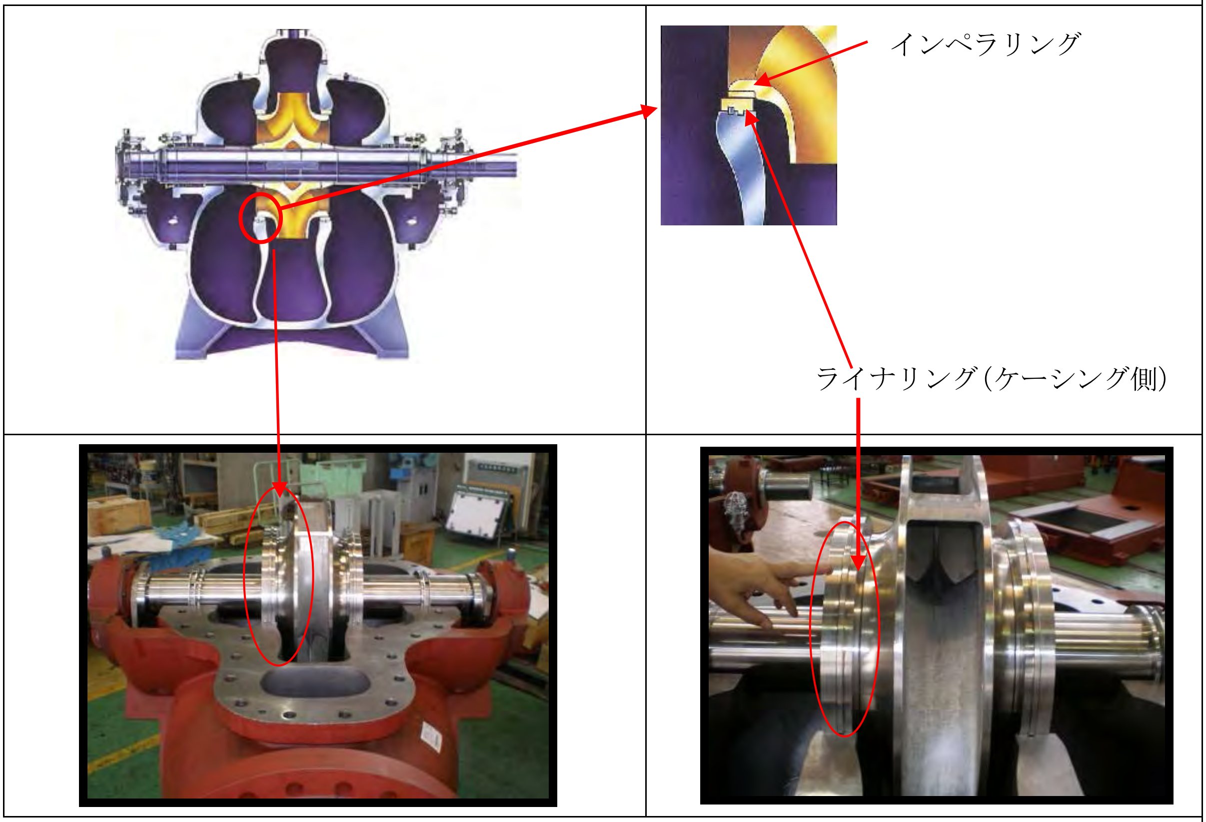


図 5.2.34　インペラリング・ライナリングの概要

（補足）

①インペラリングやライナリングはインペラやケーシングより摩耗しやすい材質でできている。これは本体より先に摩耗させることで、本体を守る構造となっている。なお、主に排水機場に使用されている軸流ポンプや斜流ポンプには、ライナリングに代わるケーシングライナが装備されているものがあるが、機能は同じである。

②インペラ側：高揚程・高効率ポンプに装着されるため、農業用ポンプには設置されない場合もある。

③隙間が適正でないと、圧力の高い吐出し側ケーシングから、低い吸い込み側ケーシングへこの隙間を通って流体が流出しようとし、その結果ポンプ効率が低下する。

（１）測定方法

１）スケール、マイクロメータ、ノギスを用いる方法（詳細診断で計測）

両吸込渦巻ポンプを例にとって、インペラとライナリングの隙間の計測方法を以下に示す。インペラが両吸込型であるので、測定箇所は、前ページの写真でわかるようにライナリングは左右２ケ所ある。

まず、インペラのライナリング摺動部外径をマイクロメータ、ノギスなどで、上下と左右の２ケ所を測定する。

次に、ライナリングの内径をスケール、マイクロメータ、ノギスなどで、上下と左右の２ケ所を測定する。

両者の測定平均値の差が、インペラとライナリングの隙間となる。

スケールを用いたライナリング内径計測	マイクロメータを用いたインペラ摺動部外径計測

外径

図 5.2.35　スケール、マイクロメータ、ノギスを用いる方法（例）

２）すきまゲージを用いる方法（詳細診断で計測）

すきまゲージなどを用いインペラとライナリングの隙間を計測する。

なお、本方法は、上ケーシング開放時に回転体を引き上げることができない場合、簡易にインペラとライナリングの隙間を概略計測する方法であることに留意する。

すきまゲージ	すきまゲージにて計測

図 5.2.36　すきまゲージを用いる方法（例）

（２）測定箇所

スケールを用いる場合、測定箇所はライナリングの内径とインペラの摺動部外形を右図のように上下と左右の対角線で２箇所計測し、それぞれの平均値を算出し、その差を隙間とする。また、すきまゲージを用い計測を行う場合は右図のように円周を均等に４分割した点（上下・左右）において隙間を計測し、平均値を隙間とする。

なお、詳細診断では、上半分の３箇所のみの計測となる。

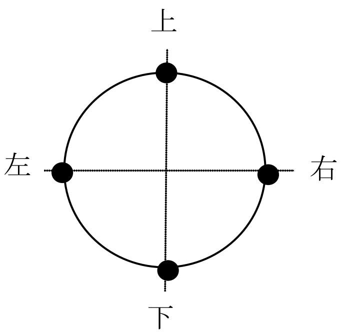


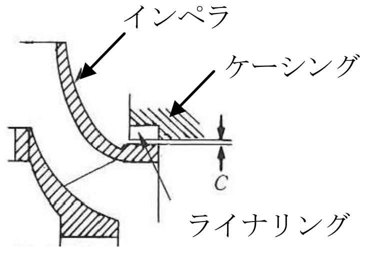
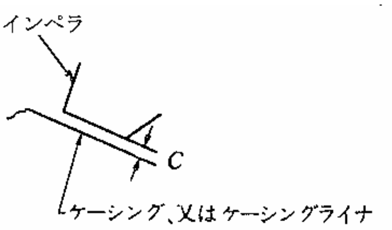
図 5.2.37　インペラ摺動部とライナリングの測定箇所

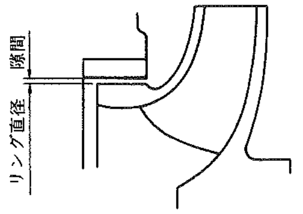
（３）判定基準

１）基準値、許容値

基準値、許容値は以下のとおりとし、ライナリングの交換時期の目安とする。

表 5.2.86　ライナリングの摩耗量の目安

判定部位	基準値、許容値	測定箇所図
インペラとライナリング ※ライナリング（ケーシングライナ）が無いタイプはインペラとケーシングの隙間を計測する。	右の測定箇所図に示すＣの値が当初設計値の３倍程度	渦巻ポンプ  横軸・斜流ポンプ 



ライナリング隙間

リング直径（mm）	適正隙間（mm）（直径に対し）
50	0.15～0.25
100	0.2 ～0.3
200	0.3 ～0.4
300	0.4 ～0.5
500	0.5 ～0.7
700	0.6 ～0.8
1,000	0.8 ～1.0

備考　許容限度は上記の3倍とする

上記はあくまでも参考値であり、許容限度はポンプメーカーにより相違するので、最終的な判定はポンプメーカーと協議することが必要である。

２）判定基準

表 5.2.87　健全度と劣化判定

健全度ランク	評 価 基 準 値
Ｓ－４	基準値未満
Ｓ－３	基準値以上
Ｓ－２	著しく基準値を超え

（４）余寿命予測

ポンプの運転時間及び、インペラ摺動部とライナリングの隙間から年間摩耗量が推定でき、その値から許容隙間に達するまでの時間（年数）が予測できる。

１）インペラ及びライナリングの余寿命

インペラの摩耗状況によって吐出し量が低下するため、インペラとケーシング又はインペラとライナリングとの隙間を目安として、次式により余寿命を算定する。

$$\text{算定余寿命} = \frac{\text{許容隙間} - \text{調査時の隙間}}{\text{調査時の摩耗量／設置経過年数}} \quad \text{（年）}$$

※許容隙間の値はインペラ形状、ポンプ口径によって異なる。

（５）補修・整備方法

１）インペラリング、ライナリングの交換

インペラリングやライナリングはインペラの摩耗を抑止するための部品であり、ライナリング等の交換はインペラ自体を交換するよりは経済的である。使用時間の長いインペラなどは、摩耗によりインペラ外径が設計当初値とは異なっていることが多いので、主軸、インペラ、インペラリング、ライナリング一式を工場に持ち込んで隙間を調整したインペラリングやライナリングを新規製作・加工して交換する。

図 5.2.38　インペラ・ライナリング等の工場への持込状況

２）インペラ及びケーシングの補修

インペラについてはステンレス鋼鋳鋼（SCS）が多く用いられ、補修では、肉盛りによる補修が一般的であるが、ケーシングはねずみ鋳鉄(FC）で製作されていることが一般的であるため、肉盛りができない。ケーシングの部分補修はポンプメーカーにより技術は様々であり、適用できる範囲も異なっている。このため、個々の状況を的確に把握したうえで、ポンプメーカーも含めた対策の検討が必要である。

診断種別	詳細診断調査　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　［22］
調査項目	パッキンスリーブの摩耗量測定
調査方法	目視、計測
対象部位	主ポンプ軸封（グランド）部（主軸、グランドパッキン、スリーブ）

【解説】

パッキンスリーブは、主軸の摩耗を保護するために、主軸の外周に装着している。さらに、主軸がケーシングを貫通する軸封部の主軸表面を保護し、グランドパッキンの摺動からも主軸を保護している。

パッキンスリーブが著しく摩耗すると、貫通部からの漏洩量が多くなり、軸封部から空気吸込み等の原因となる。パッキンスリーブの摩耗量を測定することにより、軸封部を診断することができる。

（１）測定方法

詳細診断は、上ケーシング解放後、回転体はそのままの状態でパッキンスリーブの摩耗量の測定を行う。その際、消耗品のグランドパッキンははずし、外パス及びインサイドマイクロメータでスリーブ外径を計測する。

図 5.2.39　外ﾊﾟｽによるｽﾘｰﾌﾞ外径測定（例）

図 5.2.40　ｲﾝｻｲﾄﾞﾏｲｸﾛﾒｰﾀによる測定（例）

図 5.2.39 及び**図 5.2.40** は、パッキンスリーブ部)外径を外パスとインサイドマイクロメータの合せによる計測事例を示す。

スリーブ(パッキン部)の摩耗量計測には、**図 5.2.41** のようにスケールと隙間ゲージの組合せで計測する方法もある。この測定はパッキンスリーブの摩耗量を簡易的に知る方法の一つである。

図 5.2.41　ｽｹｰﾙと隙間ｹﾞｰｼﾞの組合せによる外径測定（例）

（２）測定箇所

測定箇所は、スリーブ外径、摺動部分の３箇所(軸継手側、中央付近、反原動機側)とする。

ただし、目視において、えぐられた摩耗部分が顕著に確認できる場合は、その部分を重点的に測定する。

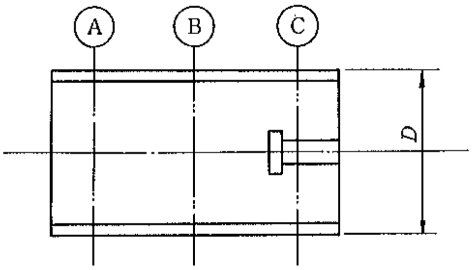


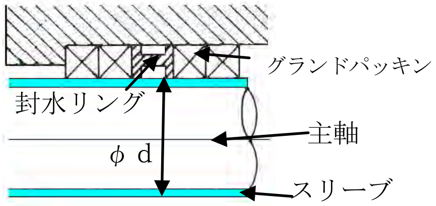
図 5.2.42　スリーブ測定箇所

（３）判定基準

１）基準値、許容値

基準値、許容値は概ね以下のとおりとし、交換時期の目安とする。

表 5.2.88　パッキンスリーブの摩耗量の目安

部位名	判定基準	測定箇所
パッキンスリーブ	ｄ×0.03 程度の摩耗までとする。（パッキンの当たる箇所にえぐられた摩耗部分がありそのくぼみが片側で上記以上に深いときは交換を要す。）	 ※φｄ：スリーブ外径
グランドパッキン	耐用年数で取り替え 用水ポンプ１～３年 排水ポンプ３～５年 （分解時は一式交換する。）	
封水リング	スリーブ（パッキン部）と同様の耐用年数で取り替え	

２）判定基準

表 5.2.89　健全度と劣化判定

健全度ランク	評 価 基 準
Ｓ－４	基準値未満
Ｓ－３	基準値以上
Ｓ－２	著しく基準値を超える

（4）余寿命予測

運転時間と隙間から、年間摩耗量が推定できる。その値から許容隙間に達するまでの時間（年数）が予測できる。

軸封部の余寿命は，下記の運転時間から算定したものと摩耗量から算定したものとを比べ，小さい値を採用する。

・運転時間からみた余寿命

$$余寿命＝\frac{（設計寿命時間－調査時の運転時間）}{調査時の運転時間／設置経過年数}（年）$$

・摩耗量からみた余寿命

$$余寿命＝\frac{（許容摩耗量－調査時の摩耗量）}{調査時摩耗量／設置経過年数}（年）$$

許容摩耗量の値は軸封部の形式等によって異なるので、設計条件等を考慮して決定する。

（5）補修・整備方法

パッキンスリーブの交換は、上ケーシングを開放して、主軸、インペラ、インペラリング、ライナリングなどの回転体一式を現場でポンプより吊り上げ、軸受部を主軸から取り外し、パッキンスリーブを取り外し、分解、清掃して、新規スリーブに交換する。このときグランドパッキンも交換する。

診断種別	詳細診断調査　[23]
調査項目	スリーブ軸受部の摩耗量測定及びころがり軸受診断
調査方法	計算、計測
対象部位	主ポンプ軸受

【解説】

主ポンプ軸受（ころがり軸受、スリーブ軸受）は、ポンプの回転体（主軸、インペラ）を支える重要な部品の１つである。スリーブ軸受の摩耗が進行すると主ポンプ振動や軸受温度等が上昇し、主ポンプ運転に不適合をきたし、最終的には運転不能という重大事故につながる可能性がある。そのため、定期的に軸受摩耗の程度を測定し、状態把握を行うことは非常に重要なことである。

スリーブ軸受には、メタル軸受、ゴム軸受、セラミックス軸受等がある。

（1）測定方法

上ケーシング開放後、回転体一式及び軸受部分を取り外し、主軸の外径及びスリーブ軸受の内径を内パス、マイクロメータ等で計測する。
（セラミックス軸受の場合は、軸受内径とスリーブ外径を測定）

図 5.2.43　スリーブ軸受(水中軸受)（例）

図 5.2.44　スリーブ軸受内径計測（例）

（2）測定箇所

測定箇所は、スリーブ軸受 内径の２箇所(軸継手側、反原動機側)とする。

隙間については、(D－ 主軸測定値）／2 とする。　D:スリーブ軸受内径測定値

軸受メタルの隙間

主軸直径 (mm)	適正隙間(mm) (直径に対し)
～30まで	0.01～0.1
31～50	0.05～0.13
51～80	0.07～0.16
81～120	0.09～0.19
121～180	0.1 ～0.23
181～250	0.15～0.27

備考　許容限度は上記の3倍とする
（メタルの場合）

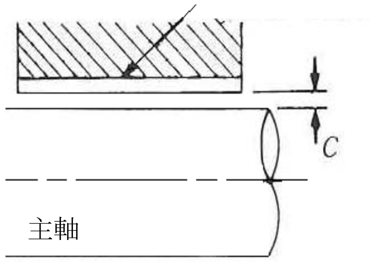
（３）判定基準

１）基準値、許容値

スリーブ軸受部の摩耗量の基準値、許容値は概ね以下のとおりとし、交換時期の目安とする。

ただし、ゴム軸受の場合は、隙間の測定は不要。

表 5.2.90　スリーブ軸受部の摩耗量の目安

部位名	基準値、許容値	測定箇所
軸受部 主軸と軸受メタル	Ｃの値が当初設計値の２～３倍程度	

上記はあくまでも参考値であり、ポンプメーカーにより、許容限度は相違するので、最終的な判定はポンプメーカーと協議することが必要である。

ころがり軸受は、運転時間により寿命を判断するのが一般的である。なお、各種軸受の摩耗程度の把握と概略診断、詳細診断における軸受振動、軸受温度の計測は、相互に密接に関係するので、状況を適時把握し、管理することが重要である。

２）判定基準

表 5.2.91　健全度と劣化判定

健全度ランク	評 価 基 準
Ｓ－４	基準値未満
Ｓ－３	基準値以上
Ｓ－２	著しく基準値を超える

（４）余寿命予測

１）スリーブ軸受（軸受メタル、ゴム軸受）の余寿命

軸受メタル及びゴム軸受は、主軸とのすきまによって交換することから、詳細調査結果より、次式で余寿命を算定する。

$$余寿命=\frac{(許容すきま-調査時のすきま)}{調査時のすきま／設置経過年数}\ (年)$$

許容すきま：軸受メタル：　当初設計値の 1.5～2.0 倍程度

ゴム軸受　：　当初設計値の 2.0～3.0 倍程度

許容すきまの値は主軸の径によって異なる。

２）ころがり軸受の余寿命

ころがり軸受は、ポンプ運転時間により寿命を判断するのが一般的である。設計寿命（目安 20,000 時間以上）を目安として、次式により余寿命を算定する。

$$余寿命=\frac{(設計寿命時間-調査時の運転時間)}{調査時の運転時間／設置経過年数}\ (年)$$

設計寿命時間：個々の軸受における寿命時間

（５）補修・整備方法

１）メタル軸受は、特に部分的にえぐられている時は、許容値内であってもメタルの張替又は交換が必要である。

２）ゴム軸受のゴムとシェルの剥離が認められたら、許容値内であっても交換が必要である。

３）セラミックス軸受に有害な傷・割れが発生していたら、許容値内であっても交換が必要である。

４）ころがり軸受は、一般に補修ができないので、新品に交換する。

診断種別	概略診断調査、詳細診断調査　[24]
調査項目	ディーゼル機関のピストン及びクランク軸のすきま
調査方法	計算、計測
対象部位	ディーゼル機関

【解説】

ディーゼル機関は、主ポンプあるいは自家発電機を駆動するための重要な動力源であり、定期的な点検・整備により安定した性能を維持する必要がある。

ディーゼル機関本体の劣化兆候は、ピストン部、クランク軸受部などの摺動部の摩耗及び過給器等の劣化によるディーゼル機関の性能低下で判断できる。

なお、摩耗あるいは腐食した部品を交換することによって、ディーゼル機関の性能を維持できるが、ディーゼル機関製造会社のシリーズ機種の統合及び機種廃止あるいは設計変更により同一部品の入手が困難になる場合もあるので、製造会社における交換部品の供給状況（部品の保有期間）を調査する。

（1）測定方法

図 5.2.45 に、ディーゼル機関での点検状況を示す。

図 5.2.45　ディーゼル機関での点検状況

1）ピストンとピストンリングの摩耗

ピストンの計測は、ディーゼル機関製造会社の取扱説明書などで示された計測場所にそって、ピストンの外径をマイクロメータで計測する。また、ピストンリング溝の寸法をすきまゲージで計測する。

ピストンリングの摩耗については、各リングの厚みと幅をマイクロメータで計測する。

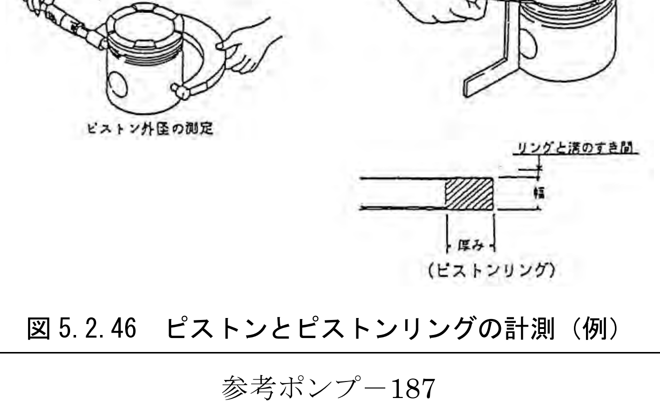


図 5.2.46　ピストンとピストンリングの計測（例）

2）クランクシャフトの摩耗

クランクシャフトの計測は、軸受部とクランクピン部について取扱説明書などで示された計測方向に従って、外部外径をマイクロメータで測定する。

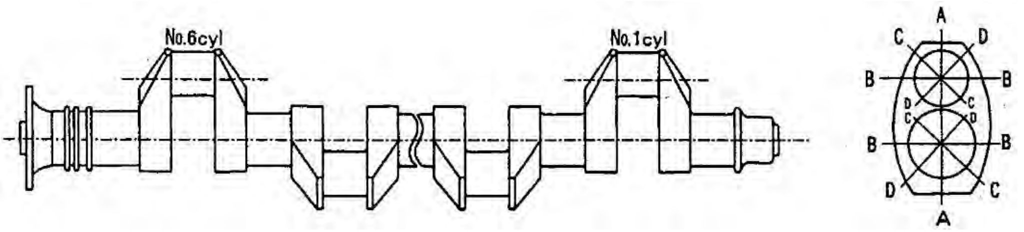


図 5.2.47　クランクシャフトの計測（例）

（2）測定箇所

1）ピストン

シリンダからピストンを抜き出し、カーボンなどの汚れを除去する。

ピストンからピストンリングを外してリング溝の計測を行う。

ピストンの外形を計測する。

ピストンリングの厚みと幅を計測する。

2）クランクシャフト

クランク軸と接続している連接棒の幅を確認するために、すきまを計測する。

クランクピン軸受部の内径とクランクピン外径を計測して、すきまを求める。

主軸受部の内径と外径及び軸と軸受けの幅を計測して、すきまを求める。

（3）判定基準

各計測項目の許容摩耗量に関する判定基準は、ディーゼル機関の型式、製造会社により異なるので、各型式の設計条件を考慮して決定する。

表 5.2.92　健全度と劣化判定

健全度ランク	評　価　基　準
S－4	基準値未満
S－3	基準値以上で、摺動面に損傷はない
S－2	著しく基準値を超え、摺動面に損傷あり

（4）余寿命予測

1）ピストン、クランクシャフトの余寿命

$$余寿命＝\frac{（許容摩耗量\ －\ 調査時の摩耗量）}{調査時の摩耗量／設置経過年数}\quad（年）$$

許容摩耗量の値は、ディーゼル機関型式等によって異なるので、設計条件を考慮して決定する。

2）過給器、機付冷却水ポンプの余寿命

$$余寿命＝\frac{（許容腐食深さ － 調査時の腐食深さ）}{調査時の腐食深さ／設置経過年数}（年）$$

許容腐食深さは、ディーゼル機関型式等によって異なるので、設計条件を考慮して決定する。

（5）補修・整備方法

定期整備による整備、部品の交換を行う。

原則として、ディーゼル機関の分解及び組立は、現地で行う。

冷却水温度、排気温度、潤滑油温度、潤滑油圧力等については、点検・整備時の測定データを継続的に記録保管し、傾向管理を行いながらディーゼル機関の性能劣化状態等を判定することが重要である。

診断種別	詳細診断調査 [25]
調査項目	非破壊探傷検査（ＮＤＴ）
調査方法	目視、計測
対象部位	主ポンプ、主配管

【解説】

非破壊探傷検査は、試験対象物を傷つけたり破壊することなしに欠陥の有無とその状態を知るために行う試験方法で、鋼構造物とコンクリート構造物では検査方法が異なる。ここでは、鋼構造物の非破壊探傷検査について述べることとする。

（１）測定方法

鋼構造物の非破壊探傷検査に採用される試験方法としては次のものがある。

非破壊探傷検査は、試験対象物を傷つけたり破壊することなしに欠陥の有無とその状態を知るために行う試験方法で、鋼構造物とコンクリート構造物では検査方法が異なる。欠陥の種類と試験方法としては次のものがある。

１）欠陥の種類と試験方法

欠陥の種類 / 試験法 / 検出できる欠陥

非破壊探傷検査
- 表面欠陥の検出
  - 外観試験…ビート形状不良、アンダーカット、オーバラップ
  - 磁粉探傷試験…表面又は表面に近い割れ（ただし、強磁性体のみ）
  - 浸透探傷試験…表面に開口している割れ及びピット
- 内部欠陥の検出
  - 放射線透過試験…ブローホール、スラグ巻込み、溶込み不良、融合不良、割れ
  - 超音波探傷試験…溶込み不良、融合不良、割れ

２）非破壊探傷検査の分類と試験目的

表 5.2.93　非破壊検査(寸法・材質)

分　類	試験の目的	概　　　　要	備　　考
放射線	厚み測定	透過量又は後方散乱線量を測定し、鋼板等の厚さを測定	Ｘ線、γ線
	組成分析	特性Ｘ線測定で、鋼板等の含有量を調査	Ｘ線分析器
	形状測定	透過写真やＣＴ写真から画像解析技術を用いて形状を測定	Ｘ線ＣＴ装置 Ｘ線透過装置
超音波	寸法測定	板厚方向の超音波反射時間から板厚等の寸法を測定	超音波厚み計
	結晶粒度測定 球状化率測定 焼入深さ測定	鋼材に投入した超音波減衰量の測定による結晶粒度、鋼材の結晶粒度や黒鉛球状化率等から焼入深さや鋳物組織状態を調べる	超音波硬度計
	硬度測定	材料の硬さを圧子に装着した超音波プローブの振動数変化として測定	
磁　気	厚み測定	磁束測定により磁性材上の非磁性膜の厚みを計測	磁気膜厚計
	材質計測	材質による磁気特性の違いを利用して、材質を計測	透磁率計 抗磁力計
	異物検査	非強磁性物体中の強磁性材料を検出する	鉄片検出器
電　磁 誘　導	厚み測定	金属材料上の非金属材料の厚みを電磁結合度により計測	電磁厚み計
	材質計測	材料の電気抵抗や透過率測定で、材質判定	電磁材質計
	異材分別	異種金属が混在していることを検出する	
サーモグラフィ	厚み測定	伝熱係数の違いを利用して、２枚で構成された材料の厚みを計測	赤外線温度計 赤外線カメラ

３）非破壊探傷検査の試験方法

①非破壊探傷試験方法の概要

表 5.2.94　非破壊探傷試験方法

試験法	試験方法の概要	適用対象	備　　考
浸透探傷試験	浸透性の良い液体を試験体表面に塗布し、表面開口キズ内面に浸透した液体により判別	金属、プラスチック、セラミック材料や製品	浸透液、洗浄液、現像液を使用
磁粉探傷試験	強磁性材を磁化し、キズなどの不連続部から漏洩する磁界に磁性粉を吸着させて判別	強磁性材料や製品	磁化器、磁粉、ブラックライト
渦流探傷試験	交流磁場を与えた金属材料表面に生じる渦電流の変化測定によりキズや寸法を計測	金属材料及び製品	渦流探傷装置
漏洩磁束探傷試験	磁化された鋼材等のキズ部分から漏洩する磁界の強さにより、キズや寸法を計測	強磁性材料や製品	漏洩磁束探傷装置
放射線透過探傷試験	Ｘ線、γ線などを照射し、その吸収特性差から、内部のキズや材質、寸法を計測	鋼材や鉄鋼部品及び構造物	通常は、写真フイルム撮影法
超音波探傷試験	超音波を入射し、その反射波の強さ・位置測定により、キズの有無や寸法を判別	金属、プラスチック、セラミック材料や製品	超音波探傷装置
電位差法	試験体表面に電流を流し、表面の局部的な電位差によりキズ等を判別	金属材料、カーボン材料及び製品	
赤外線サーモグラフィ法	物体表面からの赤外線放射を取込み、表面温度の詳細元画像に変換して健全性等を調べる	固体材料及び構造物等	赤外線サーモカメラ等
目視試験法	人間の目による表面キズを調べる方法で、光学機器を補助手段として用いることもある		視力や経験が結果に大きく影響する

② 非破壊探傷試験方法

a) 放射線透過試験(ＲＴ)　　　＊JIS Z 3104 及び JIS Z 3106

Ｘ線やγ線などの放射線の透過作用を利用して、溶接部の内部欠陥を検出する試験方法で、割れや空洞等の欠陥があれば健全部に比べ透過放射線の吸収が少ないため、背面のフイルムに到達する放射線強度が強くなり、結果として得られるフイルム上の濃度変化によって、健全部より黒くなることで欠陥の存在を識別する方法である。

試験体裏面にフイルムを配置する必要があることから､突合わせ継手には適用し易いが、Ｔ継手等の継手の種類によっては、適用できない。

溶込不足や融合不良、割れ等の面状欠陥では放射線と欠陥のなす角度が重要で検出できないこともある。欠陥の識別状況は放射線照射角度・使用する線源の焦点寸法・放射線のエネルギー・被検体の厚さ・感光材料・撮影の幾何学的配置等により決まる。一般的に云えば、焦点寸法・放射線のエネルギーが小さい程、又フイルムの感度が低い(粒子が細か

い)程、欠陥が識別し易すく、内部欠陥の検出及び記録性にも優れており、装置、フイルム、増感紙の組み合わせで鋼材厚 50 ㎜まで可能である。

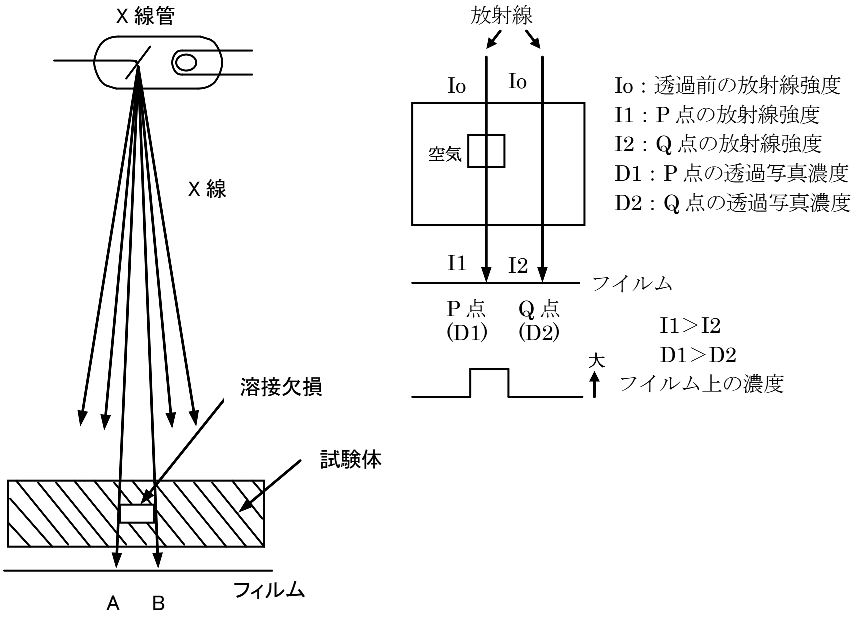
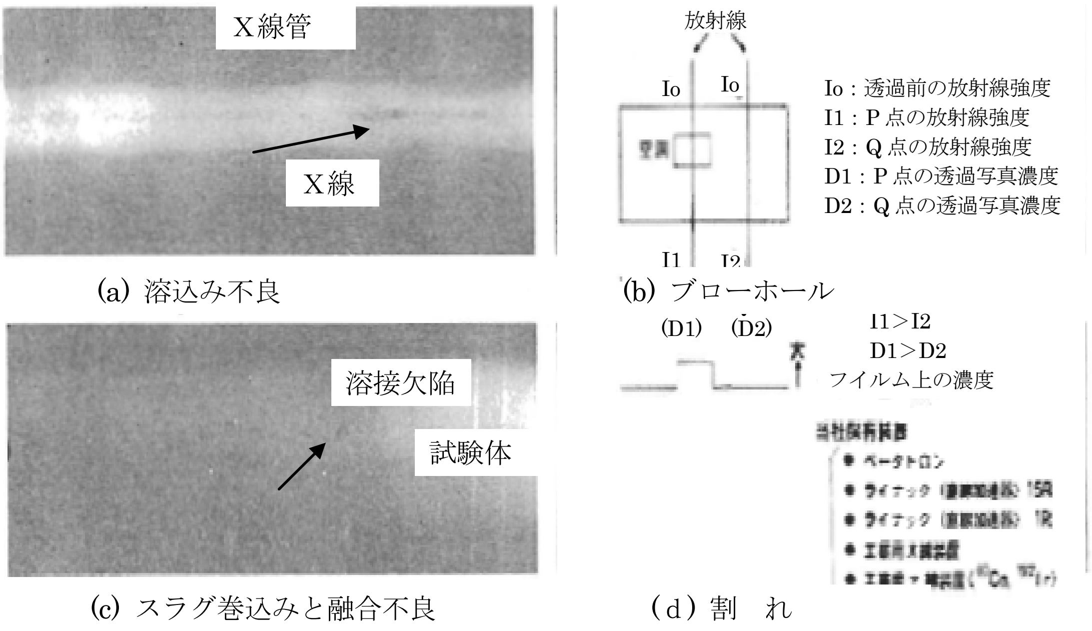


図 5.2.48　放射線透過試験の原理



(a) 溶込み不良　(b) ブローホール

(c) スラグ巻込みと融合不良　（d）割　れ

図 5.2.49　突合わせ溶接部の放射線透過試験状況（例）

b）超音波探傷試験（ＵＴ）　　＊JIS Z 3060

超音波の反射作用を利用して、試験体中の欠陥を検出する試験方法で、試験体の表面(探傷面)から超音波パルスを入射させ、試験体の底面や欠陥等により反射し、再び戻ってきた超音波パルスを受信する。反射して受信するまでの超音波の伝搬時間から反射源の位置を求めるとともに、受信した超音波パルスの大きさから反射源の大きさや欠陥までの距離等の状況をブラウン管上で測定する試験方法で、放射線透過試験が適用できない厚板の構造物、圧

力容器、橋梁等の構造物を対象に採用される。点集束探触子等の特殊な探触子による溶接欠陥の詳細寸法測定や鋳鉄やステンレス鋼等の特殊材料探傷等の精密探傷技術も開発されている。

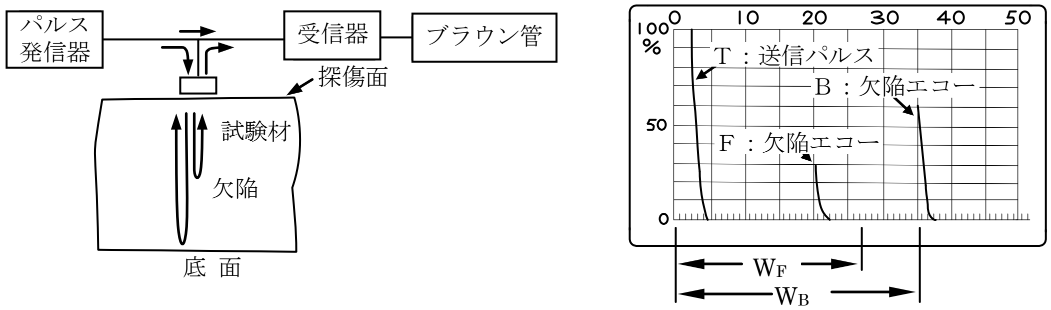


図 5.2.50 超音波探傷試験の原理

可聴周波数(20～20、000Hz)を超える２MHz～５MHz が多く使用され、試験方法に、「垂直探傷法(=試験体表面に垂直に入射)」と「斜角探傷法(=試験体表面に斜めに入射)」があるが、溶接部の試験には余盛があるため、垂直法では欠陥探傷が困難なことから、「斜角探傷法」が多く採用される。超音波探傷試験は、装置が軽量で容易に試験できる利点があり、放射線透過試験に比べると、より厚い材料にも適用可能で、試験対象部の片側から探傷できるため、放射線透過試験において試験対象部の裏面側にフイルムを配置しにくい場合に適用できる利点がある。しかし、試験条件の設定やブラウン管図形の判定に熟練を要する。又、欠陥の種類の判別が難しく、超音波の進行方向に対して傾きをもっていたり、並行な欠陥の検出が困難なため、主に「割れ」や「溶込み不良」等の平面状内部欠陥の検出に用いられる。

c) 浸透探傷試験（ＰＴ）　　　＊JIS Z 2343

試験体の表面に開口した欠陥に浸透液を浸透させ、表面の余剰な浸透液を除去した後に現像液を塗布することにより、欠陥内部の浸透液を吸い出して欠陥指示模様を形成させる方法で、鋼・アルミ・銅等の金属材料に限らず、セラミック・ガラス等の非金属材料にも適用可能である。電源や特別な装置を必要としないことから、場所を選ばず、手軽な試験方法として、表面欠陥の検出に採用されるが技術者の技量や適用材料及び適用方法によって試験結果が左右されやすい。

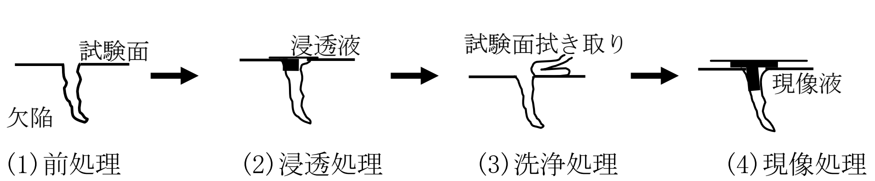


図 5.2.51 浸透探傷試験の手順（例）

図 5.2.52 現像処理により現れた溶接部の欠陥（例）

d) 磁粉探傷試験(MT)　　　＊JIS Z 0565

鉄鋼材料などの強磁性体を磁化すれば、試験体中に磁束の流れを生じ、これを妨げるような欠陥が試験体表面又は表面近傍に存在すると、磁束の一部が表面に漏洩することを利用して欠陥を検出する試験方法である。割れのような線状欠陥の検出能力が浸透探傷試験(ＰＴ)より優れているため各種機械類の製作時に限らず、供用中の検査にも採用される。磁粉探傷試験は、磁性体材料にしか適用できない。

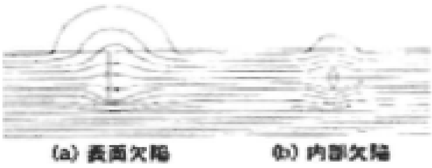


図 5.2.53　磁粉探傷試験の原理

e) 渦流探傷試験(ＥＴ)　　＊JIS G 0568 及び JIS G 0583

「電磁誘導原理」によって欠陥を検出する試験方法で、試験体に隣接して置いたコイルの中に交流電源を通じることにより生じる電磁場が、導体である試験体中に誘起させた渦流の発生状況を把握することにより欠陥を検出する。一般的には、管材の調査に多用される試験技術であり、検査方法としては、小領域に生じた欠陥を調査する「自己比較方式」と全体的な減肉を調査する標準片との対比による「絶対値方式」の２種類がある。

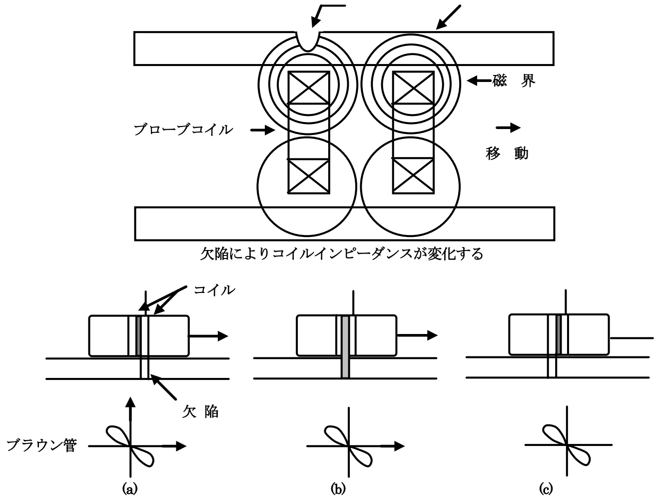


図 5.2.54　渦流探傷試験の原理

（2）測定箇所

主な測定箇所の例を下表に示す。測定は調査において必要な場合、行うことがある。

表 5.2.95

試　　験	測　定　箇　所　(例)
放射線透過試験	鋼製品（原動機台、原動機架台等）の溶接部
超音波探傷試験	同上溶接部、シャフト等
浸透探傷試験	軸受メタル、インペラ等
磁粉探傷試験	シャフト等

（３）判定基準

１）基準値、許容値

各試験の許容値、判定基準値は、対象部品・部位、用途（耐圧部／非耐圧部等）、材質、形状寸法等により異なる。また製造メーカー独自の判定基準もあるので、設計条件等を十分考慮して決定する。

主な非破壊探傷検査の JIS 等の判定基準例を参考として以下に示す。

①放射線透過試験：JIS Z 3104(鋼溶接継手)、3106(ステンレス溶接継手)等によるものとし、それぞれ２類(きずの分類)以上を合格とする。

②超音波探傷試験：JIS Z 3060(鋼溶接部)のＬ検出レベルで２類以上を合格とする。

③浸透探傷試験：

・割れによる浸透指示模様はすべて不合格とする。

・線状浸透指示模様又は円形状浸透指示模様の長さ 2mm を超えるもの及び連続浸透指示模様は不合格とする。

・分散浸透指示模様の合計長さ 4mm を超えるものは不合格とする。

ただし、分散浸透指示模様の合計長さは、分散面積 $2,500mm^2$ を有する方形(1 辺の最大長さ 150mm)内に存在する長さ 1mm を超える浸透指示模様の長さの合計とする。

④ 磁粉探傷試験：

・割れによる磁粉模様はすべて不合格とする。

・線状磁粉模様又は円形状の磁粉模様の長さ 2mm を超えるもの及び連続した磁粉模様は不合格とする。

・分散した磁粉模様の合計長さ 4mm を超えるものは不合格とする。

ただし、分散した磁粉模様の合計長さは、分散面積 $2,500mm^2$ を有する方形(1 辺の最大長さ 150mm)内に存在する長さ 1mm を超える磁粉模様の長さの合計とする。

２）判定基準

表 5.2.96　健全度と劣化判定

健全度ランク	評　価　基　準
Ｓ－４	割れ、亀裂がほとんどない
Ｓ－３	割れ、亀裂がある
Ｓ－２	－

（４）余寿命予測

振動や温度のように簡易的に計測できる試験ではないので傾向管理による余寿命予測には適さない。

製造時や過去の点検・整備又は診断調査時における同部位、同試験を行った記録・データがあれば該当部位の比較検討、劣化診断の推定等が可能であるが、部品としての余寿命診断は、他の診断項目と合わせて総合的な判断が必要である。

（５）補修・整備方法

下記補修・整備等により部品の機能維持、回復を図る。

鋼製品（主に溶接部）：欠陥部の除去後、補修溶接、再加工又は部品交換

スリーブ軸受等　　　：欠陥部の除去後、メタル張替、再加工又は部品交換

図 5.2.55　軸受メタルの浸透探傷試験（例）

5.3　診断に必要な測定器具

診断に必要な測定器具は表 5.3.1～表 5.3.5 に示す。

表 5.3.1　診断に必要な測定器具（主ポンプ）

機器・部位 区分	機器・部位 小区分	診断項目	診断レベル 概略	診断レベル 詳細	測定・計測器具	測定部位	備考
ポンプ全般		運転音	○	○	五感(聴覚)		
				○	聴音棒	ケーシング、軸受	
		振動	○	○	五感(指触) 振動計 (携帯式ポータブル) ベアリングモニタ	ポンプ本体各部 基礎上部 軸受、ベース	
		温度 (軸受)	○	○	五感(指触) 棒状温度計 非接触温度計	軸受	(温度計セット用パテも必要)
ケーシング部	ケーシング	ひび割れ、亀裂	○	○	五感(目視)		
				○	浸透探傷試験装置	ひび割れ、亀裂部分	
	ライナリング	腐食、変形		○	マイクロメータ、ダイヤルゲージ、ノギス、パス、すきまゲージ	同時に摺動部の隙間も計測	
		腐食		○	五感(目視)	ケーシングとの嵌合部	ガタツキの有無
				○	キャリパーゲージ、マイクロメータ、ノギス	腐食部の肉厚測定	
インペラ部	インペラ	破損、ひび割れ		○	五感(目視)	羽根面	
				○	浸透探傷試験装置	ひび割れ、亀裂部分	
		摩耗		○	マイクロメータ、ダイヤルゲージ、ノギス	同時に摺動部の隙間も計測	
主軸部	主軸	腐食、変形	○	○	五感(目視)	露出面	
		摩耗、腐食		○	マイクロメータ、ノギス、パス、スケール	各部の軸径を計測	
		変形		○	Vブロック、ダイヤルゲージ、ダイヤルゲージ台	中間各部、両端等を計測（5/100mm以内）	
	軸スリーブ	腐食	○		五感(目視)	外面・端面	
		摩耗、腐食		○	マイクロメータ、ノギス、パス、スケール、キャリパーゲージ	肉厚も計測	
	パッキンスリーブ	腐食	○		五感(目視)	外面・端面	
		摩耗	○		内パス、マイクロメータ	外面・端面	
		摩耗、腐食		○	マイクロメータ、ノギス、パス、スケール、キャリパーゲージ	摩耗量の計測	
軸受部	軸受(ころがり軸受、すべり軸受)	摩耗		○	計算	運転時間	
				○	ダイヤルゲージ、スケール、パス、マイクロメータ、すきまゲージ	同時に摺動部の隙間も計測	

表 5.3.2　診断に必要な測定器具(電動仕切（又はバタフライ）弁)

機器・部位		診断項目	診断レベル		測定 ・ 計測器具	測 定 部 位	備 考
区分	小区分		概略	詳細			
電動弁全般		運転音	○	○	五感(聴覚)		
		振動	○	○	五感(指触)	弁箱上部	
弁軸部	弁軸	摩耗		○	マイクロメータ、ノギス、パス、スケール	各部の軸径を計測	
		変形		○	Vブロック、ダイヤルゲージ、ダイヤルゲージ台	中間、両端部等を計測	
電動機・減速機部	電動機絶縁劣化			○	絶縁抵抗計	端子	

表 5.3.3　診断に必要な測定器具(横軸（又は立軸）巻線形三相誘導電動機)

機器・部位		診断項目	診断レベル		測定 ・ 計測器具	測定部位	備 考
区分	小区分		概略	詳細			
電動機全般		運転音(異常音)	○	○	五感(聴覚) 騒音計		
		振動	○	○	五感(指触) 振動計	機器各部、 基礎上部	
		温度	○	○	五感(指触) 棒状温度計、ｻｰﾓﾗﾍﾞﾙ	軸受、本体	
エネルギー変換部	固定子部	絶縁特性		○	絶縁抵抗計		
	鉄心内絶縁部	推定残存破壊電圧		○	耐電圧試験器 交流電流計 tanδメータ コロナ測定器		
	回転子部	緩み、破損		○	目視		
	鉄心、コイル	腐食、ウェッジ緩み		○	ハンマ(打音)		
	スリップリング、ブラシ	磨耗		○	スケール、ノギス		
軸受支持部	軸受	摩耗(すべり)		○	ノギス、マイクロメータ		
		損傷(すべり)		○	浸透探傷試験装置		

表 5.3.4　診断に必要な測定器具(ディーゼル機関)

機器・部位		診断項目	診断レベル		測定 ・ 計測器具	測定部位	備　　考
区分	小区分		概略	詳細			
ディーゼル機関全般		運転音(異常音)	○		五感(聴覚)	機関全体	主に音色の違いによる
				○	聴音、聴診器による五感(聴覚)	軸受、過給機等	機関運転音を遮断し識別
		振動	○		五感(指触)	機器各部	
				○	振動計(携帯式ポータブル)	機器各部	
		温度(軸受)	○		五感(指触)	機器各部	
		噴射圧・噴霧状態		○	ノズルテスタ	燃料噴射弁	
主要・運動部	シリンダヘッド	腐食、異物付着	○	○	五感(目視)		
		亀裂、変形		○	打撃ハンマによる五感(聴覚) 浸透探傷試験装置		
主要部・燃焼室・運動部	ピストン ピストンリング ピストンピン・メタル主軸受メタル クランクピン・メタル	亀裂、腐食、損傷	○		五感(目視)		
				○	浸透探傷試験装置		
		摩耗、変形		○	ノギス、マイクロメータ、インサイドマイクロメータ、ボア・ゲージ、すきまゲージ	シリンダ内径	
回転運動部	クランク軸	損傷		○	五感(目視)	ピン部、ジャーナル部	
		変形		○	デフレクションゲージ		
		摩耗		○	マイクロメータ、すきまゲージ	ピン部、ジャーナル部	
		亀裂		○	浸透探傷試験装置 磁粉探傷試験装置		

表 5.3.5　診断に必要な測定器具(歯車減速機及び流体継手)

機器・部位		診断項目	診断レベル		測定・計測器具	測定部位	備　　考
区分	小区分		概略	詳細			
各種減速機及び流体継手全般		運転音	○		五感（聴覚）	ケース	
				○	騒音計	減速機、流体継手 本体各部	
		振動	○	○	五感（指触） 振動計(携帯式ポータブル) ベアリングモニタ	減速機、流体継手 本体各部 軸受、ベース	
		温度	○		五感（指触） 棒状温度計	軸受 軸受	
歯車部	歯車	ピッチング	○	○	五感（目視）	歯車歯面	
		ひび割れ、 亀裂		○	磁粉探傷試験装置	歯車歯面	
		歯当たり、 バックラッシ		○	鉛線、ダイヤルゲージ、光明丹		
軸受部	すべり 軸受	摩耗		○	マイクロメータ、ノギス	同時に摺動部の隙間も計測	
		剥離		○	浸透探傷試験装置		
	スラスト パッド	摩耗		○	マイクロメータ、ノギス		
		剥離		○	浸透探傷試験装置		
	ころがり軸受			○	五感（目視及び指触）		
羽根車部	インペラ	ひび割れ、 亀裂		○	浸透探傷試験装置	羽根付け根部位	
	ランナ			○	浸透探傷試験装置	羽根付け根部位	
軸部	軸	摩耗		○	マイクロメータ、ノギス	嵌合部及び摺動部	
		ひび割れ、 亀裂		○	磁粉探傷試験装置	段付き部位	
		振れ		○	ダイヤルゲージ		
ケース部	ケース	摩耗、変形		○	マイクロメータ、ノギス	同時に嵌合部の隙間も計測	
	ハウジング						

６. 参考文献

『土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」』（農村振興局整備部設計課）

『農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き』（農村振興局整備部設計課）

『基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（揚水機場編）』
（構造改善局総務課施設管理室）

『基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（排水機場編）』
（構造改善局総務課施設管理室）

『わかりやすい土地改良施設管理入門　用水ポンプ編』（全国土地改良事業団体連合会）

『わかりやすい土地改良施設管理入門　排水ポンプ編』（全国土地改良事業団体連合会）

『土地改良施設管理基準（用水機場編）』（農村振興局整備部水利整備課）

『土地改良施設管理基準（排水機場編）』（農村振興局整備部水利整備課）